



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 141585

# **ANALISA RANCANGAN SISTEM TRANSMISI DAN KINERJA TRAKSI PADA KENDARAAN PRODUKSI MULTIGUNA PEDESAAN**

Indira Riska Saraswati  
NRP 2111 100 062

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TM141585

# ANALYSIS OF TRANSMISSION SYSTEM AND TRACTIVE EFFORT ON RURAL PRODUCTION MULTIPURPOSE VEHICLE

INDIRA RISKASARASWATI  
NRP 2111 100 062

Adviser Lecture  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

MECHANICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**TUGAS AKHIR - TM 141585**

# **ANALISA RANCANGAN SISTEM TRANSMISI DAN KINERJA TRAKSI PADA KENDARAAN PRODUKSI MULTIGUNA PEDESAAN**

Indira Riska Saraswati  
NRP. 2111 100 066

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. I Nyoman Sutantra, . MSc.PhD.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**ANALISA RANCANGAN SISTEM TRANSMISI DAN  
KINERJA TRAKSI PADA KENDARAAN PRODUKSI  
MULTIGUNA PEDESAAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Desain  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Indira Riska Sarasawati**

Nrp. 2111 100 062

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc.PhD (Pembimbing)  
(NIP. 195106051978031002)
2. Dr. Unggul Wasiwitono, ST, M.Eng.Sc. (Penguji 1)  
(NIP. 197805102001121001)
3. Dr. Ir Agus Sigit Pramono, DEA (Penguji 2)  
(NIP. 196508101991021001)
4. Moch. Solichin, ST, MT (Penguji 3)  
(NIP. 198908172015041003)



**SURABAYA  
Januari, 2016**



# **ANALISA RANCANGAN SISTEM TRANSMISI DAN KINERJA TRAKSI PADA KENDARAAN PRODUKSI MULTIGUNA PEDESAAN**

**Nama** : *Indira Riska Saraswati*  
**NRP** : *2111100062*  
**Jurusan** : *Teknik Mesin*  
**Dosen Pembimbing** : *Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.*

## **ABSTRAK**

*Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan merupakan kendaraan pedesaan untuk kebutuhan produksi dan transportasi, menggunakan system kendaraan hybrid seri yang dikembangkan dengan menambahkan motor listrik, dan generator pada kendaraan. Sumber penggerak untuk mode berkendara pada kendaraan menggunakan motor listrik yang kemudian daya dari motor listrik akan disalurkan oleh transmisi ke bagian roda. Transmisi berfungsi untuk mengkonversi torsi dan putaran dari mesin menjadi gaya dorong dan (kecepatan yang berbeda-beda untuk masing-masing rasio).*

*Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan perhitungan pada kebutuhan gaya dorong, rasio transmisi dan kinerja traksi kendaraan, dengan melakukan perhitungan gaya hambat kendaraan terlebih dahulu. Gaya hambat dari kendaraan menggunakan variable aerodinamis, rolling resistance dan tanjakan untuk komponen perhitungannya. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan rasio dan tingkat transmisi kendaraan berdasarkan perhitungan kebutuhan traksi yang sudah dilakukan.*

*Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah kebutuhan daya motor listrik untuk menggerakkan kendaraan berdasarkan perhitungan kebutuhan gaya dorong kendaraan untuk melawan gaya hambat. Tingkat gigi transmisi sebanyak 2*

tingkat gigi, dengan nilai rasio gigi 1 sebesar 3 dan rasio gigi 2 sebesar 1,1 dan terakhir didapatkan kinerja traksi berdasarkan rasio gigi gaya dorong kendaraan dengan fungsi kecepatan kendaraan.

**Kata Kunci : Rolling resistance, drag force, gradeability, Rasio Transmisi, , gaya dorong**

# THE ANALYSIS OF SYSTEM TRANSMISSION AND TRACTIVE EFFORT ON RURAL PRODUCTION MULTIPURPOSE VEHICLE

**Name** : *Indira Riska Saraswati*  
**NRP** : *2111 100 062*  
**Major** : *Mechanical Engineering-ITS FTI*  
**Supervisor** : *Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,*  
**Ph.D.**

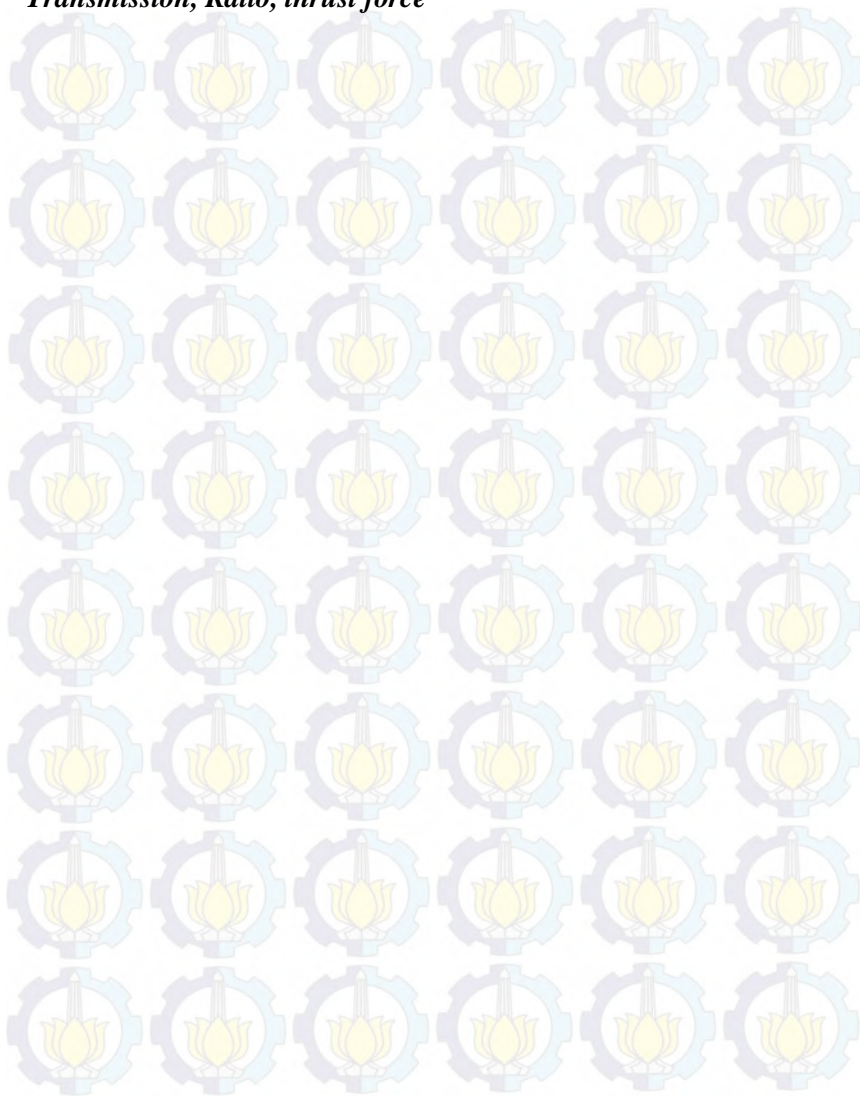
## ABSTRACT

*“Rural Production Multipurpose Vehicle” is a rural vehicle designed for production and transportation need, “hybrid series” system is developed by adding electric motor and generator into the vehicle. Power source for driving on this vehicle coming from electric motor that its power output will be distributed by transmission to each wheel. Transmission act as a torque and revolution converter from engine, changed into thrust force and different velocity for each gear ratio.*

*At this thesis will be carried out calculations on required traction, transmission ratio, and tractive effort by calculating drag of the vehicle first. Drag force calculation taking aerodynamic variable, rolling resistance, and slope of the road into account. Next, calculation of the required ratio and transmission stage of the vehicle are done based on the tractive effort calculated beforehand.*

*Results obtained from this thesis are the required power for the electric motor in order to drive the vehicle based on the calculation of the required thrust against the drag force. 2 stage gear ratio where the 1<sup>st</sup> gear ratio is 3 and 2<sup>nd</sup> gear ratio is 1,1, and traction performance is obtained based on gear ratio thrust with taking vehicle velocity into account.*

***Key Word : Rolling resistance, drag force, gradeability,  
Transmission, Ratio, thrust force***





## KATA PENGANTAR

Dengan memanjat puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisa Rancangan Sistem Transmisi dan Kinerja Traksi Kendaraan Multiguna Pedesaan”.

Adapun tugas akhir ini merupakan salah satu syarat umum untuk menyelesaikan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan masukan-masukan sehingga bisa terselesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Noviasih Lestari, M. Macin, dan Suginingsih yang telah menjadi orang tua yang begitu luar biasa dalam memberikan dukungan moral maupun materi dalam menyelesaikan studi S1 di kampus Teknik Mesin ITS.
3. Fajar Yuli Aripitaka sebagai seseorang yang menemani dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Angga Ramadhana, Muchlis Rifai dan Nashiruddin Azhar yang telah bekerja bersama dalam proses analisa rancangan Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan ini.
5. Rizaldy, Daris, Said, Tohir, Daus, Mas Afif, Mas Dimaz, dan Mas Fachry yang membantu proses pengerjaan tugas akhir ini.
6. Nazilah Syamlan, Wardah Choirina, Chontry Novita, Kumaro Elisya, dan Dera Fadlih yang telah menemani hari-hari yang menyenangkan dalam kampus maupun luar kampus.

7. Semua sarekat merah rakyat mesin, M 54, dan terutama warga desain, dan semua pihak yang telah membantu tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Akhir kata penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua. Saya menyadari dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu sebagai penulis saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan Tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## Daftar Isi

<b>Abstrak</b> .....	i
<b>Kata Pengantar</b> .....	v
<b>Daftar Isi</b> .....	vii
<b>Daftar Gambar</b> .....	ix
<b>Daftar Tabel</b> .....	x
<b>BAB I Pendahuluan</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II Dasar Teori</b> .....	5
2.1 Kendaraan Listrik .....	5
2.2 Karakteristik Motor Listrik .....	6
2.3 Transmisi .....	9
2.4 Traksi Kendaraan .....	10
2.5 Gaya Dorong sebagai Input Traksi .....	13
2.6 Perhitungan Rasio Transmisi .....	15
<b>BAB III Metodologi</b> .....	17
3.1 Metode Penelitian .....	17
3.2 Studi Literatur .....	18
3.3 Konsep Rancangan .....	18

3.4	Survey Komponen.....	19
3.5	Flowchart Perhitungan .....	19
3.5.1	Flowchart Perhitungan Gaya Hambat Kendaraan .....	19
3.5.2	Flowchart Perhitungan Rasio dan Tingkat Gigi .....	21
3.5.3	Flowchart Perhitungan Gaya Dorong .....	22
<b>BAB IV</b>	<b>Perhitungsnn dan Analisa Data.....</b>	<b>25</b>
4.1	Data dan Spesifikasi Kendaraan.....	25
4.2	Perhitungan Gaya Dorong Kendaraan.....	26
4.2.1	Perhitungan Gaya Hambat saat Jalan Lurus .....	26
4.2.2	Perhitungan Gaya Hambat saat Tanjakan .....	27
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan.....	28
4.3	Perhitungan Rasio Transmisi .....	30
4.4	Perhitungan Gaya Dorong.....	32
4.5	Perhitungan Gaya Dorong setelah Perubahan Rasio Gigi.....	34
4.6	Perhitungan Gaya Dorong dan Gaya Gesek.....	35
4.7	Percepatan Kendaraan .....	36
<b>BAB V</b>	<b>Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>39</b>
5.1	Kesimpulan .....	39
5.2	Saran.....	40
	Daftar Pustaka.....	41
	Biodata Penulis .....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Powertrain Kendaraan Listrik.....	5
Gambar 2.2 Konfigursasi Kendaraan Listrk.....	6
Gambar 2.3 Karakteristik Motor Listrik.....	7
Gambar 2.4 Kinerja Traksi Kendaraan Listrik.....	8
Gambar 2.5 Free Body Diagram Kendaraan.....	11
Gambar 2.6 Pengaruh tekanan ban pada $f_o$ dan $f_s$ .....	13
Gambar 2.7 Skema Aliran Daya Kendaraan.....	14
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Rangkaian Hybrid Seri dari Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan.....	18
Gambar 3.3 Flowchart Perhitungan Gaya Hambat.....	20
Gambar 3.4 Flowchart Perhitungan Rasio Gigi dan Tingkat Gigi Transmisi.....	21
Gambar 3.5 Flowchart Perhitungan Gaya Dorong.....	23
Gambar 4.3 Grafik Torsi Terhadap fungsi Putaran.....	30
Gambar 4.2 Grafik Gaya Dorrong Terhadap fungsi Kecepatan.....	32
Gambar 4.3 Grafik Gaya Dorong Terhadap fungsi Kecepatan.....	34
Gambar 4.4 Gaya Dorong dan Gaya Gesek terhadap Kecepatan.....	36
Gambar 4.5 Percepatan terhadap Kecepatan.....	37

## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Koefisien Adhesi Permukaan Jalan .....	9
Tabel 2.2 Koefisien Hambat Aerodinamis untuk Kendaraan .....	12
Tabel 4.1 Rancangan Spesifikasi Kendaraan .....	25
Tabel 4.2 Gaya Hambat Total.....	27
Tabel 4.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan.....	29
Tabel 4.4 Spesifikasi Motor Listrik.....	29

## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Koefisien Adhesi Permukaan Jalan.....	9
Tabel 2.2 Koefisien Hambat Aerodinamis untuk Kendaraan.....	12
Tabel 4.1 Rancangan Spesifikasi Kendaraan .....	25
Tabel 4.2 Gaya Hambat Total .....	27
Tabel 4.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan .....	29
Tabel 4.4 Spesifikasi Motor Listrik.....	29

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kendaraan pedesaan untuk kebutuhan transportasi dan produksi yang sudah ada saat ini telah banyak membantu perekonomian masyarakat pedesaan meskipun kendaraan ini masih tergolong kendaraan ilegal, karena tidak memiliki izin kelayakan operasi di jalan raya. Sehingga diperlukan modifikasi terhadap kendaraan tersebut. Dalam hal ini, ITS mengembangkan Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan untuk membantu kegiatan perekonomian masyarakat pedesaan.

Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan menggunakan system kendaraan hybrid seri, yang dikembangkan dengan menambahkan motor listrik, dan generator listrik pada kendaraan yang nantinya menjadi sumber energi penggerak bagi kendaraan dan alat produksi. Pada mode berkendara, kendaraan digerakkan oleh motor listrik yang didukung oleh baterai dan/atau generator. Daya atau power dari motor listrik akan disalurkan melalui transmisi, yaitu sistem yang menyalurkan tenaga dari sumber penggerak sampai ke bagian roda, berfungsi untuk mengkonversi torsi dan putaran dari mesin menjadi gaya dorong dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir.

Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan analisis transmisi dan traksi dari Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak kendaraan. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui sistem transmisi yang lebih baik untuk meningkatkan kinerja dari sistem transmisi serta memaksimalkan kendaraan terhadap kondisi jalan, dan kecepatan tertentu untuk mendapatkan hasil yang paling baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gaya hambat kendaraan pada kondisi jalan datar dan jalan tanjakan?
2. Bagaimana menentukan rasio dan tingkat transmisi dari kendaraan?
3. Bagaimana karakteristik traksi dari transmisi dan laju kendaraan?

## 1.3 Tujuan Tugas Akhir

mengacu pada perumusan masalah di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari gaya hambat kendaraan pada kondisi jalan datar dan jalan tanjakan.
2. Mencari rasio dan tingkat transmisi dari kendaraan.
3. Mengetahui karakteristik traksi dari transmisi dan laju kendaraan.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dimensi kendaraan yang digunakan menggunakan referensi pick-up Grandmax.
2. Beban angin yang terjadi pada kendaraan yaitu gaya hambat (drag).
3. Kecepatan maksimum pengamatan 80 km/jam.
4. Sudut tanjakan maksimum 30 derajat.
5. Ban yang digunakan adalah ban radial dengan tipe 165 R 13 C.
6. Rasio gigi diferensial yang digunakan yaitu 4,875.
7. Menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak.

8. Perhitungan hanya dilakukan saat penggerak motor listrik menjalankan kendaraan saja tidak dipengaruhi kinerja alat produksi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Tugas akhir ini memiliki manfaat antara lain:

1. Menawarkan konsep baru kendaraan multiguna yang memadukan kelebihan-kelebihan dari kendaraan motor listrik yang telah ada untuk nantinya dapat dikembangkan sebagai kendaraan pedesaan di Indonesia.
2. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pedesaan untuk kebutuhan transportasi dan produksi.
3. Mengetahui nilai gaya dorong pada Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan.
4. Mengetahui batas sudut tanjakan yang bisa dilalui oleh Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan.
5. Mengetahui tingkat percepatan Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan.
6. Sebagai acuan dalam penelitian serta riset berikutnya.



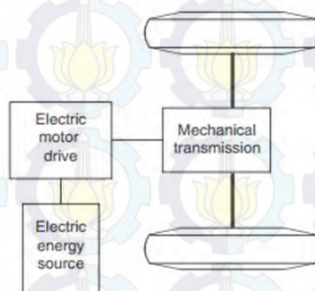


## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Kendaraan Listrik**

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang menggunakan energi listrik sebagai sumber penggerakannya. Sumber energi penggerak dapat diperoleh dari fuel cell, baterai atau generator listrik. Mobil listrik memiliki beberapa keunggulan daripada kendaraan dengan Internal Combustion Engine, karena tidak ada emisi, lebih efisien, dan bebas dari kebutuhan pada minyak bumi. Mobil listrik merupakan konversi dari mobil Internal Combustion Engine dengan mengganti mesin pembakaran dalam dan tangki bahan bakar dengan motor listrik sebagai penggerak dan mempertahankan komponen yang lain seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.

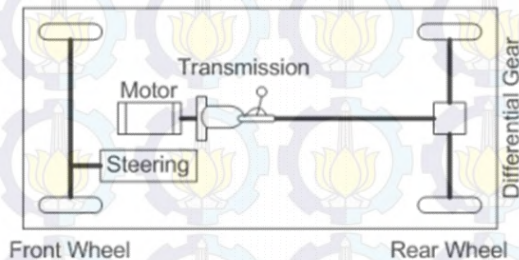


*Gambar 2.1 Sistem Powertrain Kendaraan Listrik [1]*

Pemilihan sistem konfigurasi transmisi pada kendaraan listrik, mirip dengan kendaraan dengan tipe motor pembakaran dalam, hanya dilakukan penggantian pada motor listrik. Ditunjukkan pada gambar 2.2. Konfigurasi ini tidak merubah struktur pada kendaraan dengan motor pembakaran dalam secara umum.

## 2.2 Karakteristik Motor Listrik

Kinerja kendaraan umumnya ditentukan berdasarkan waktu percepatan, kecepatan maksimum, dan kemampuan menanjak. Untuk mendesain power train pada kendaraan listrik, Kebutuhan nilai daya motor dan parameter dari transmisi merupakan hal yang paling penting sebagai penentu kinerja kendaraan. Dari semua parameter tersebut sebagian besar bergantung pada karakteristik dari penggeraknya yaitu daya dan kecepatan (torsi) dari traksi motor, umumnya karakteristik motor listrik ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konfigurasi Kendaraan Listrik [4]

Pada daerah motor dengan kecepatan putaran rendah ( lebih rendah dari base speed ) motor memiliki nilai torsi konstan. Pada daerah kecepatan putaran tinggi ( dimana kecepatan lebih tinggi daripada base speed), power pada motor bernilai konstan. Pada gambar 2.4 menampilkan usaha traksi pada kendaraan listrik dan kecepatan kendaraan dengan speed ratio  $x = 2$  yaitu rasio kecepatan maksimum terhadap base speed atau kecepatan awal. dan transmisi gigi 3 tingkat. Gigi 1 meliputi daerah kecepatan a-b-c, gigi 2 pada daerah d-e-f, dan gigi 3 pada daerah g-f-h.

Dasar dari kinerja kendaraan meliputi kecepatan maksimum, kemampuan menanjak, dan percepatan. Kecepatan maksimum dari kendaraan dapat ditentukan dengan titik potong dari kurva traksi dengan kurva resistansi ( rolling resisten dan hambatan

aerodinamis), pada grafik usaha traksi dan kecepatan dengan kecepatan kendaraan pada gambar 2.4. Kecepatan maksimum kendaraan dapat dirumuskan dengan :

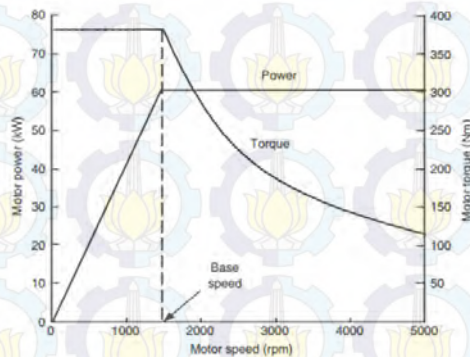
$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot r \cdot N_m \cdot \max}{30 \cdot i_t \cdot i_g} \quad (2.1)$$

Dimana :

$N_m$  = maksimum rpm oleh traksi motor

$i_g$  = gigi gardan

$i_t$  = menggunakan gigi tingkat paling tinggi.



Gambar 2.3 Karakteristik Motor Listrik [1]

Kemampuan menahan ditentukan dari usaha traksi gaya dorong dari kendaraan yang telah berkurang oleh hambatan dan gaya gravitasi dari kendaraan ketika menahan ( $F_t - F_r - F_w$ ). Pada gambar 2.4, ketika kecepatan lebih tinggi kemampuan menahan lebih rendah daripada saat kecepatan rendah. Untuk kurva step gradient merupakan sudut tanjakan yang mampu dilalui tiap gigi, step gradient dinyatakan dalam sudut.



Pada gambar 2.4 terdapat daerah *Spin* yaitu keadaan dimana torsi yang dihasilkan penggerak cukup besar, melebihi kebutuhan dari torsi pada kendaraan. Torsi pada roda merupakan pembagian dari gaya dorong dengan jejari dinamis roda, sehingga akan terjadi spin jika gaya dorong yang dihasilkan kendaraan lebih besar dari gaya gesek. Keadaan spin dapat dirumuskan sebagai berikut :

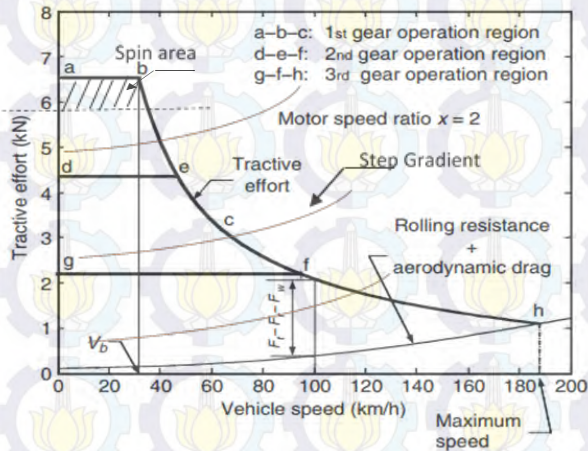
$$F_t > W \cdot \mu \quad (2.2)$$

Dimana :

$F_t$  = Gaya dorong kendaraan

$W$  = Gaya normal (m.g)

$\mu$  = koefisien adhesi jalan



Gambar 2.4 Kinerja Traksi Kendaraan Listrik

Kondisi realita spin terjadi saat roda kendaraan berputar namun kendaraan dalam kondisi tetap diam. Tabel 2.1 menunjukkan tabel koefisien adhesi berdasarkan kondisi permukaan jalan.



Tabel 2.1 Koefisien Adhesi Permukaan Jalan [2]

Pemukaan jalan	Koefisien Adhesi Tertinggi $\mu_p$	Koefisien Adhesi Roda Lock $\mu_s$
aspal dan beton( kering)	0,8 - 0,9	0,75
aspal (basah)	0,5 - 0,7	0,55 - 0,6
beton (basah)	0,8	0,7
Gravel	0,6	0,55
jalan tanah ( kering)	0,68	0,65
jalan tanah ( basah)	0,55	0,4 - 0,5
snow	0,2	0,15
Ice	0,1	0,07

### 2.3 Transmisi

Transmisi merupakan bagian dari sistem pemindah tenaga dari sebuah kendaraan, yaitu sistem yang berfungsi mengatur tingkat kecepatan dalam proses pemindahan tenaga dari sumber penggerak ke roda kendaraan. Kendaraan yang berjalan pada jalan mendaki membutuhkan gaya dorong yang besar dengan putaran yang rendah sedangkan untuk kendaraan yang berjalan dengan kecepatan tinggi membutuhkan putaran yang tinggi tetapi gaya dorong yang tidak besar. Dengan kondisi tersebut maka diperlukan sistem transmisi agar kebutuhan tenaga yang berbeda pada tiap kondisi berkendara terpenuhi. Dengan kondisi operasi yang berbeda-beda tersebut maka diperlukan sistem transmisi agar kebutuhan tenaga dapat dipenuhi oleh mesin.

Sebelum merancang transmisi ada beberapa faktor utama yang perlu dipertimbangkan yaitu yang pertama adalah faktor ekonomi (mahal diproduksi atau tidak), yang kedua apakah desain rancangan transmisi memungkinkan diproduksi dengan teknologi

pembentukan dan permesinan yang ada, dan menentukan parameter yang diinginkan sebagai karakteristik kendaraan seperti kecepatan maksimum, tahanan maksimum yang dicapai, berat kendaraan.. Untuk penentuan rasio transmisi mengacu pada beberapa hal penting yaitu kemampuan output gaya traksi yang mampu mendorong kendaraan untuk bergerak sesuai parameter yang ditentukan, dan adanya ruang yang cukup untuk mekanisme transmisi contoh gearbox yaitu gear yang ada di dalam box apakah memungkinkan untuk dibuat gear beda ukuran.

Sistem pemindah tenaga secara garis besar terdiri dari unit kopling, transmisi, penggerak akhir (final drive). Fungsi transmisi adalah untuk mengatur perbedaan putaran antara mesin dengan putaran poros yang keluar dari transmisi. Pengaturan putaran ini dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak sesuai beban dan kecepatan kendaraan. Rangkaian pemindah pada transmisi manual tenaga berawal dari sumber tenaga ke sistem pemindah tenaga yaitu masuk ke transmisi (gear box), kemudian menuju final drive. Final drive adalah bagian terakhir dari sistem pemindah tenaga yang memindahkan tenaga mesin ke roda belakang.

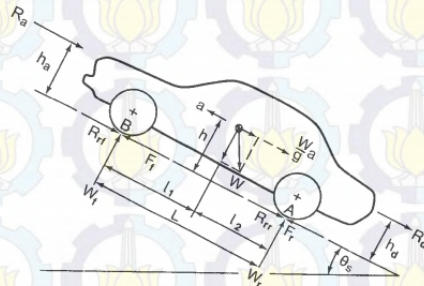
## 2.4 Traksi Kendaraan

Traksi pada kendaraan adalah kemampuan kendaraan untuk melawan segala hambatan pada kendaraan. Gaya hambat kendaraan atau gaya eksternal adalah gaya yang menghambat pergerakan sebuah kendaraan yang ditunjukkan gambar 2.5 pada arah longitudinal kendaraan. Bentuk gaya hambat yang paling umum tersusun dari sejumlah gaya rolling resistance yang bertindak sejajar dengan permukaan benda. Selain itu gaya hambat lainnya yang terjadi merupakan komponen dari aerodinamika atau gaya hambat drag yang bekerja dalam arahnya pergerakan.

Gaya dorong yang dapat dihasilkan kendaraan harus dapat melawan semua daya hambatan yang terjadi pada kendaraan, juga harus mampu mendaki jalan tanjakan. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_t = R_a + R_r \quad (\text{Kondisi jalan lurus}) \quad (2.3)$$

$$F_t = R_r + R_a + W \sin\theta \quad (\text{Kondisi jalan menanjak}) \quad (2.4)$$



Gambar 2.5 Free Body Diagram Kendaraan [3]

(a) Gaya Hambat Aerodinamis Kendaraan (*Drag Force*).

Salah satu gaya hambat *drag force* pada kendaraan saat bergerak dengan kecepatan tertentu adalah bentuk bodi, dimana jika bentuk bodi kendaraan semakin aerodinamis maka gaya hambat aerodinamis pada kendaraan semakin kecil sehingga ini juga berpengaruh pada performa kendaraan saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Pengertian aerodinamis disini adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat dan karakteristik udara serta gas lainnya dalam keadaan bergerak (angin). Besarnya gaya ini ditentukan dengan :

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho_{udara} \cdot C_d \cdot A_f \cdot V^2 \quad (2.5)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis udara

$A_f$  = luasan frontal area

$C_d$  = koefisien hambat, dan kecepatan kendaraan



V = kecepatan kendaraan

Tabel 2.2 adalah tabel umum referensi untuk koefisien hambat tentang bentuk bodi kendaraan yang mempengaruhi gaya hambat aerodinamis.

Tabel 2.2 Koefisien Hambat Aerodinamis untuk Kendaraan [2]

No	jenis kendaraan	koefisien hambat
1	kendaraan penumpang	0,3 - 0,6
2	kendaraan convertible	0,4 - 0,65
3	kendaraan balap	0,25 - 0,3
4	Bus	0,6 - 0,7
5	Truck	0,8 - 1
6	tractor – trailer	0,8 - 1,3
7	sepeda motor + pengendara	1,8

(b) *Rolling Resistance* antara ban dan jalan

*Rolling resistance* adalah gaya hambatan yang timbul akibat terjadinya gesekan pada ban yang berputar dengan jalan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi *Rolling resistance*, diantaranya konstruksi ban, kondisi permukaan jalan, diameter dari ban dan juga gaya traksi itu sendiri. Besarnya gaya hambat ini ditentukan dengan:

$$R_r = f_r \cdot m \cdot g \quad (2.6)$$

Dimana :

$f_r$  = rolling resistance

$m$  = massa kendaraan

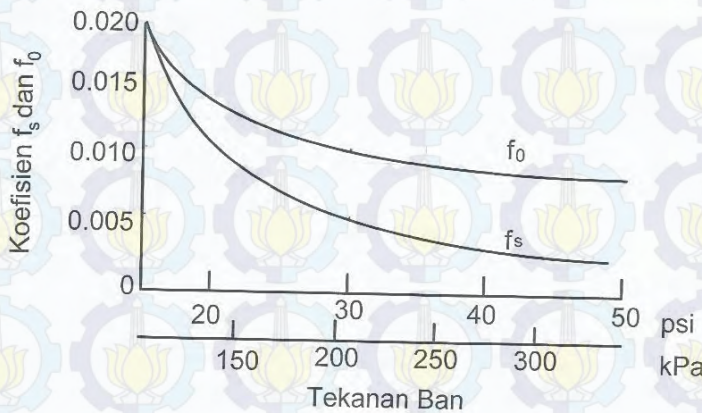


$g$  = percepatan gravitasi.

Rumusan koefisien hambatan rolling ( $f_r$ ) untuk kendaraan dapat ditentukan berdasarkan koefisien  $f_o$  dan  $f_i$  yang bergantung pada tekanan ban adalah sebagai berikut :

$$f_r = f_o + f_s \left( \frac{V}{100} \right)^{2,5} \quad (2.7)$$

Dimana nilai  $f_o$  dan  $f_i$  didapat dari gambar :



Gambar 2.6 Pengaruh tekanan ban pada  $f_o$  dan  $f_s$  [2]

## 2.5 Gaya Dorong sebagai Input Traksi

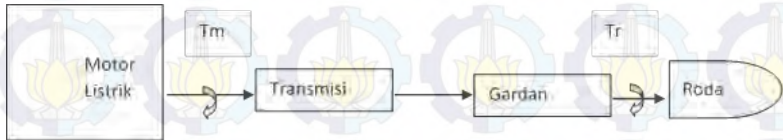
Untuk daya pada kendaraan listrik menggunakan motor listrik tipe Brushless DC Motor sebagai penggerak kendaraan. Pada sebuah kendaraan yang bergerak, gaya traksi yang harus dicapai oleh mesin dapat dijabarkan sebagai penjumlahan dari gaya-gaya hambat. Nilai daya traksi merupakan perkalian gaya traksi dengan kecepatan kendaraan dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_m = (R_r - R_a) V \quad (2.8)$$

$P_m$  digunakan sebagai referensi daya yang harus dihasilkan motor listrik sebagai penggerak agar kendaraan mampu bergerak

sesuai dengan *driver demand*. Daya motor listrik yang dihasilkan harus sama dengan atau lebih besar dari daya traksi.

$$P_{motor} \geq P_{traksi} \quad (2.9)$$



Gambar 2.7 Skema Aliran Daya Kendaraan

Daya pada motor listrik atau  $P_m$ , ini dihasilkan langsung oleh motor listrik. Dari  $P_m$  setelah melewati poros motor listrik kemudian dibagi dengan kecepatan sudut poros motor listrik disebut torsi motor listrik,  $T_m$ . Torsi yang disalurkan dari motor listrik akan masuk ke transmisi. Dalam transmisi terdapat efisiensi yang mengakibatkan berkurangnya torsi. Dari transmisi akan berpindah ke roda. Torsi di roda disebut  $T_r$ .  $T_r$  ini merupakan kebutuhan torsi untuk menggerakkan kendaraan. Torsi ini bisa kita turunkan menjadi gaya, sehingga bisa diketahui berapa gaya penggerak kendaraan atau biasa disebut gaya dorong ( $F_t$ ).

$$F_t = \frac{T_m \cdot i_t \cdot i_g}{r} \eta_t \quad (2.10)$$

Dimana :

$T_m$  = Torsi motor listrik

$i_t$  = Rasio transmisi

$i_g$  = Rasio *final drive*

$\eta_t$  = Efisiensi transmisi

$r$  = Jari jari roda

$$F_{t \text{ total}} = F_{t \text{ mesin}} + F_{t \text{ motor listrik}} \quad (2.11)$$

Power Mesin total yang dihasilkan oleh Mesin ini adalah  $F_t$  total, efisiensi transmisi, yang dimaksud efisiensi transmisi disini adalah perkiraan losses yang terjadi pada komponen transmisi kendaraan yang diintegrasikan dimana efisiensi transmisi ini diambil dari Buku Teknologi Otomotif edisi kedua Prof.Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D bahwa efisiensi transmisi yang terjadi pada transmisi kendaraan adalah seperti berikut :

Untuk kopling	: 99%
Setiap pasang gigi	: 95 - 97%
Bantalan dan joint	: 98 – 99%

## 2.6 Perhitungan Rasio Transmisi

Penentuan rasio transmisi mengacu pada beberapa hal, yaitu kemampuan output gaya traksi yang mampu mendorong kendaraan untuk bergerak sesuai parameter yang ditentukan, dan adanya ruang yang cukup untuk mekanisme transmisi contoh gearbox yaitu gear yang ada di dalam box apakah memungkinkan untuk dibuat gear beda ukuran akan tetapi box tidak mencukupi untuk diletakkan gear ukuran besar.

Perhitungan rasio gear pada tingkat gigi terendah dipilih berdasarkan kemampuan kendaraan untuk menanjak , khususnya agar dapat menanjak pada sudut tanjakan maksimum yaitu ketika usaha traksi maksimum terjadi. Untuk rasio gear pada tingkat gigi awal ditentukan dengan rumus :

$$i_1 = \frac{F_t \cdot r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{(W \sin \theta_{max} + f_r \cdot W) r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t} \quad (2.12)$$

Dimana  $T_m$  adalah Maksimum Torsi pada penggerak, dan  $\eta_t$  adalah efisiensi dari transmisi. Pada perumusan di atas gaya hambat drag dapat diabaikan ketika kendaraan menanjak pada sudut tersebut , karena kecepatan kendaraan saat menanjak umumnya terjadi pada kecepatan rendah.

Rasio gigi pada tingkat gigi terakhir ditentukan berdasarkan kecepatan maksimum yang diinginkan dan dapat dicapai dengan motor yang sesuai. Motor harus dapat mencukupi daya untuk mengatasi gaya hambat yang ada seperti rolling resistance dan gaya hambat aerodinamis saat kecepatan maksimum pada kendaraan. Berdasarkan hal tersebut perumusan rasio gigi pada tingkat gigi akhir dirumuskan pada persamaan :

$$i_m = \frac{F_m \cdot r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{\left(f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f \cdot v_m\right) r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t} \quad (2.13)$$



## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat dilihat pada flowchart berikut:



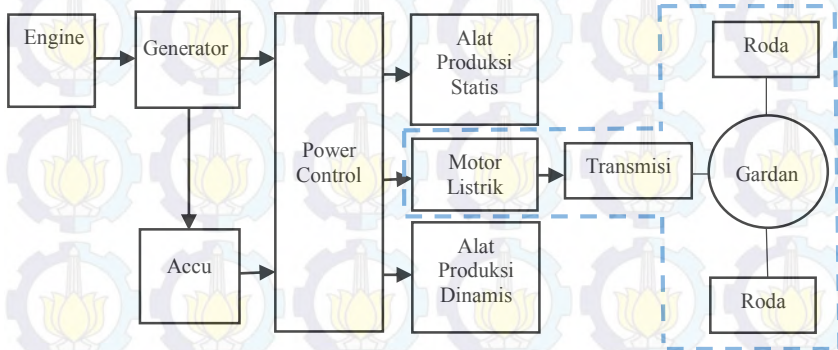
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Pada penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah studi literatur tentang kendaraan listrik yang ada, dan mempelajari literatur atau studi pustaka terkait teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

### 3.3 Konsep Rancangan

Penentuan konsep rancangan dilakukan untuk dapat menentukan konfigurasi awal dalam perancangan kendaraan yang akan dibangun. Konsep rangkaian dari kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rangkaian Hybrid Seri dari Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan

Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan menggunakan sistem *hybrid seri* untuk menggerakkan kendaraan dan memproses alat produksi, dimana daya yang dihasilkan engine berupa energi mekanis akan masuk ke generator. Generator menghasilkan daya listrik yang akan dibagi ke baterai dan ke *power control*. *power control* berfungsi sebagai manajemen daya untuk penggerak alat produksi pertanian dan untuk menggerakkan kendaraan. Namun, pada penulisan tugas akhir ini analisa dilakukan mulai dari penggerak kendaraan yaitu motor listrik, transmisi, gardan, hingga ke penggerak akhir yaitu roda.

### 3.4 Survey Komponen

Setelah desain sudah jadi, dilakukan survey komponen untuk penyesuaian desain agar komponen yang tercantum di desain tersebut ada di pasaran saat ini dan bisa terjangkau. Komponen alat produksi, generator, dan motor listrik juga disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat pedesaan. Untuk sistem penggerak kendaraan disesuaikan dengan kebutuhan kendaraan yaitu untuk mengangkut alat produksi sehingga menggunakan motor listrik yang memiliki spesifikasi torsi tinggi.

### 3.5 Flowchart Perhitungan

#### 3.5.1 Flowchart Perhitungan Gaya Hambat Kendaraan

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam perhitungan gaya hambat ditunjukkan pada gambar 3. skema penelitian pada gambar 3.1, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan data-data dari spesifikasi kendaraan yang akan dibuat sebagai data input. Data yang dibutuhkan adalah berat dari kendaraan, dan dimensi kendaraan yang meliputi *track width*, *wheel base*, *ground clearance*, lebar dan tinggi kendaraan. Batasan masalah kecepatan yang diinginkan dan tanjakan yang mampu dilalui kendaraan.
2. Menentukan coefficient of Drag berdasarkan jenis kendaraan dari Tabel.
3. Menghitung Gaya Hambat Aerodinamis Kendaraan dengan rumus :  

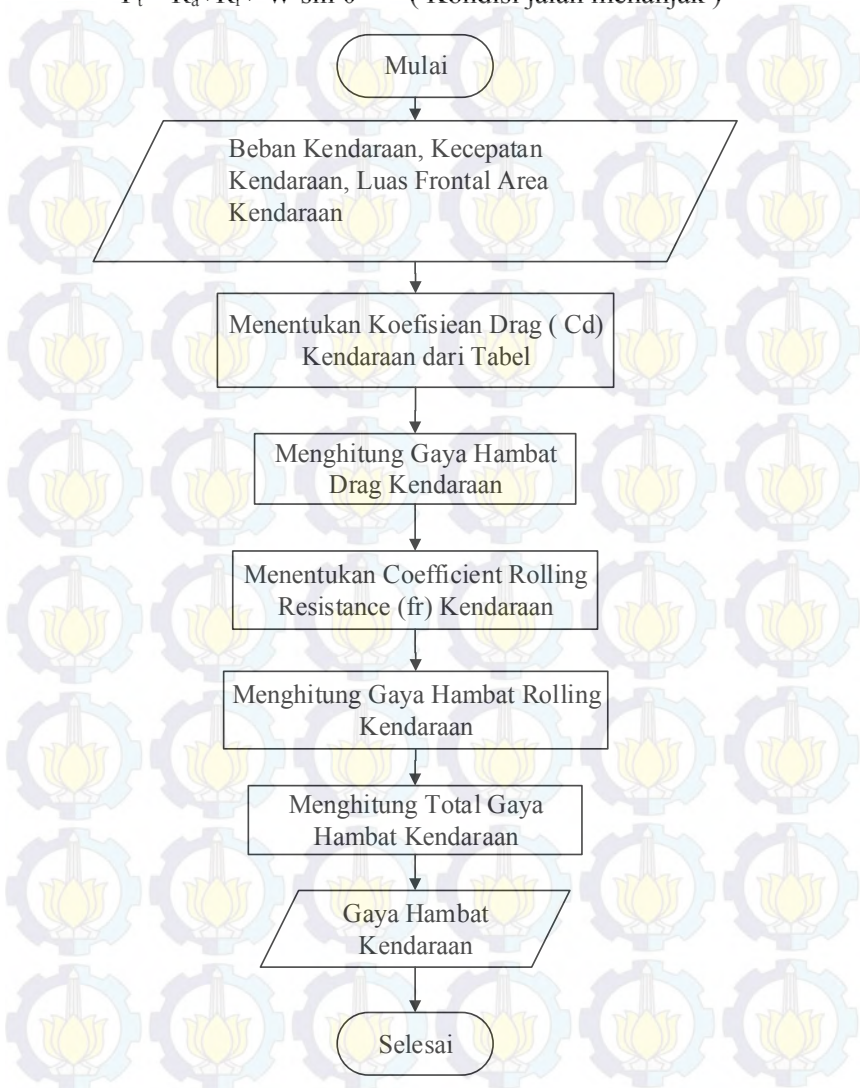
$$R_a = \frac{1}{2} \rho C_d A_f (V^2)$$
4. Menentukan Coefficient roling Resistance ban dari tekanan ban untuk mendapatkan nilai  $f_r$  dengan rumus :  

$$f_r = f_o + f_s \left(\frac{V}{100}\right)^{2,5}$$
5. Menghitung Gaya Hambat Rolling Kendaraan dengan variasi Sudut yang berbeda dengan rumus:  

$$R_r = f_r W$$
6. Menghitung Gaya Hambat Total Kendaraan berdasarkan kondisi jalan dengan rumus :

$$F_t = R_a + R_r \quad (\text{Kondisi jalan lurus})$$

$$F_t = R_a + R_r + W \sin \theta \quad (\text{Kondisi jalan menanjak})$$

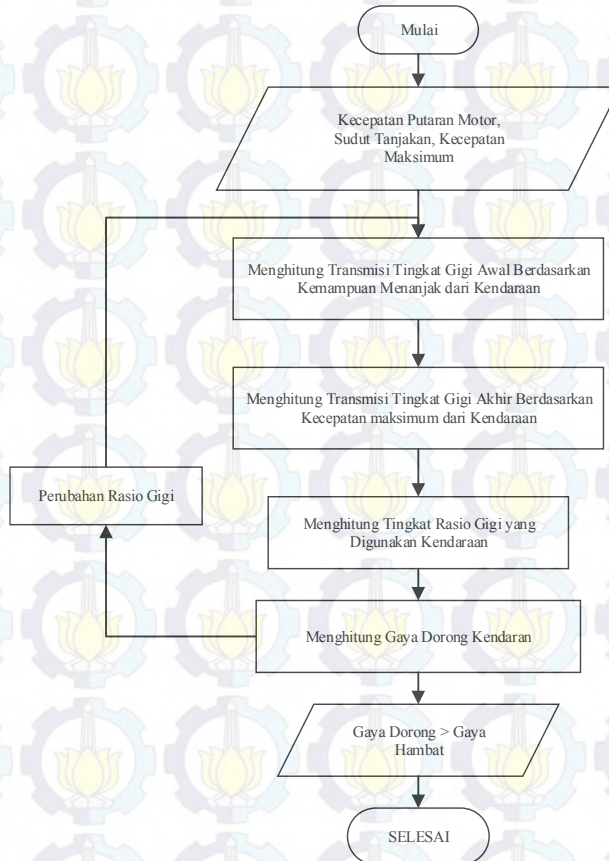


Gambar 3.3 Flowchart Perhitungan Gaya Hambat



### 3.5.2 Flowchart Perhitungan Rasio dan Tingkat Gigi

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam perhitungan rasio dan tingkat gigi transmisi ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Flowchart Perhitungan Rasio Gigi dan Tingkat Gigi Transmisi

Proses perhitungan rasio dan tingkat gigi transmisi pada gambar 3.4 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan spesifikasi penggerak kendaraan, parameter sudut maksimum tanjakan yang mampu dilalui, dan kecepatan maksimum dari kendaraan.
2. Menghitung rasio transmisi awal, jika dirancang harus dapat melewati sudut tanjakan maksimum dengan rumus

$$i_1 = \frac{F_t \cdot r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{(W \sin \theta_{max} + f_r \cdot W) r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

3. Menentukan rasio transmisi akhir, jika dirancang dengan besar kecepatan maksimum yaitu dengan rumus

$$i_m = \frac{F_m \cdot r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{(f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f \cdot v_m) r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

4. Menyesuaikan rasio gigi dari perhitungan yang telah dilakukan dengan grafik Gaya Dorong.

### 3.5.3 Flowchart Perhitungan Gaya Dorong

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam perhitungan rasio dan tingkat gigi transmisi ditunjukkan pada gambar 3.5. skema penelitian pada gambar 3.5, Prosedur Perhitungan Perhitungan Gaya Dorong Kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menentukan spesifikasi motor listrik, kecepatan maksimum, sudut tanjakan maksimum.
2. Menentukan daya kendaraan berdasarkan gaya atau beban yang terjadi pada kendaraan dengan rumus :

$$P_t = (R_r - R_a) V$$

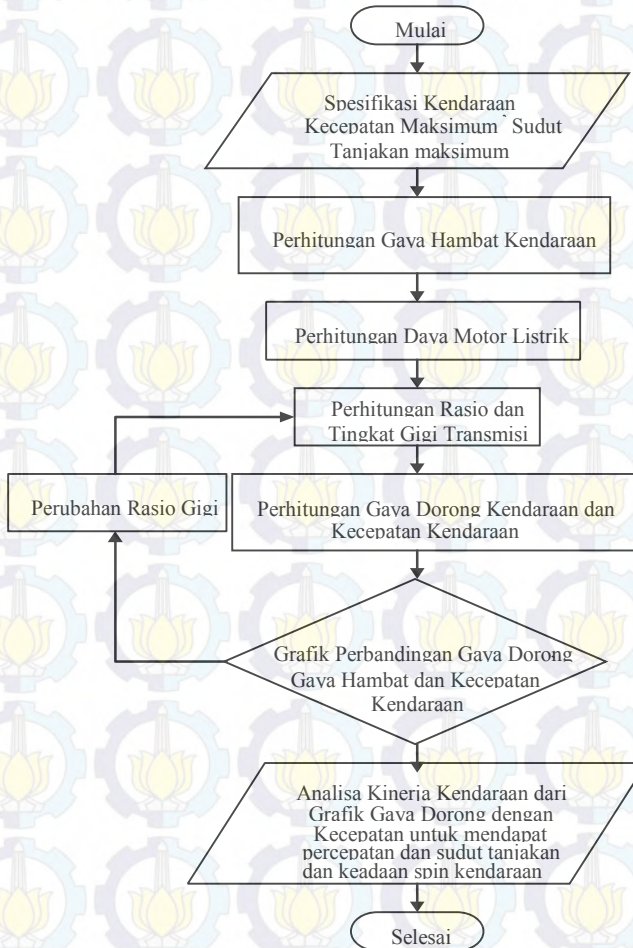
3. Menghitung gaya dorong kendaraan, dengan rumus :

$$F_t = \frac{T_m \cdot i_t \cdot i_g}{r} \eta_t$$

4. Menghitung kecepatan kendaraan dengan rumus :

$$V = \frac{\pi \cdot r \cdot N_m}{30 \text{ it } i_g}$$

5. Mendapatkan grafik gaya dorong terhadap fungsi kecepatan, dari grafik dilakukan analisa kinerja kendaraan untuk mendapatkan percepatan, sudut tanjakan yang mampu dilalui tiap gigi, dan keadaan spin kendaraan.



Gambar 3.5 Flowchart Perhitungan Gaya Dorong



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Data dan Spesifikasi Kendaraan

Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan merupakan alat transportasi yang memberikan kemampuan tambahan sebagai alat bantu untuk kegiatan produksi pertanian. Kendaraan ini menggunakan teknologi *hybrid series*, dimana terdapat sebuah mesin ke kendaraan listrik yang nantinya menjadi sumber cadangan energi penggerak bagi kendaraan. Kendaraan *hybrid series* digerakkan oleh motor listrik yang didukung oleh baterai dan/atau generator. Adapun parameter karakteristik kendaraan yang diinginkan yaitu :

- Kecepatan masimum kendaraan 80 km/jam
- Sudut tanjak maksimum kendaraan 30 derajat

*Tabel 4.1 Rancangan Spesifikasi Kendaraan*

Dimensi Keseluruhan	
Panjang kendaraan	4,195 m
Lebar kendaraan	1,675 m
Tinggi kendaraan	1,890 m
Road clearence	0,175 m
Jejari dinamis roda	0,27235 m
Beban	
Massa Kendaraan Kosong	910 kg
Massa Muatan Penuh	1293,9 kg

Dari perencanaan ini akan didapatkan spesifikasi kendaraan yang diharapkan sesuai dengan tujuan. Adapun rancangan spesifikasi Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan dapat dilihat pada tabel 4.1. Setelah didapatkan rancangan spesifikasi kendaraan, maka selanjutnya menentukan kebutuhan daya/power pada kendaraan untuk mengetahui spesifikasi motor listrik yang sesuai pada kendaraan.

## 4.2 Perhitungan Gaya Dorong Kendaraan

Untuk kebutuhan gaya dorong ( $F_t$ ) kendaraan, perhitungan yang dilakukan meliputi gaya dorong saat kondisi jalan lurus/*cruise*, dan kebutuhan gaya dorong saat kondisi jalan menanjak. Perhitungan kebutuhan gaya dorong kendaraan digunakan untuk mengetahui daya/power yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan agar dapat melawan gaya hambat yang terjadi pada kendaraan, dan mengetahui traksi dari kendaraan.

### 4.2.1 Perhitungan Gaya Hambat saat Jalan Lurus

Perhitungan gaya hambat kendaraan saat kondisi jalan lurus menggunakan persamaan 2.2 yaitu penjumlahan gaya hambat drag dan gaya hambat rolling.

$$\begin{aligned}
 F_t &= R_a + R_r \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{udara}} \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2 + f_r W = \\
 &= \left( \frac{1}{2} \cdot 1,205 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \cdot 2,788875 \text{ m}^2 \cdot 22,222^2 \text{ m/s} \right) + \\
 &\quad \left( 0,0101397 \cdot 1293,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \right) = \\
 &= 460,62 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan gaya hambat kendaraan nilai  $R_a$  didapat menggunakan persamaan 2.4, gaya hambat udara didapat dari input data variabel kendaraan berupa massa jenis udara ( $\rho$ ), luas penampang *frontal* kendaraan ( $A_f$ ), Koefisien *drag* ( $C_d$ ) dari jenis kendaraan yang ditentukan berdasarkan tabel 2.2 yaitu jenis kendaraan pickup sebesar 0,4, dan kecepatan kendaraan

menggunakan kecepatan maksimum sebesar 80 km/jam. Untuk perhitungan Gaya Hambat *Rolling* ( $R_r$ ) menggunakan persamaan 2.5. Pada perhitungan gaya hambat rolling untuk menentukan variabel koefisien *rolling* ( $f_r$ ) yaitu menggunakan persamaan 2.6 terlebih dahulu untuk mencari nilai  $f_o$  dan  $f_s$  melalui grafik gambar 2.6 besarnya ini bergantung pada jenis ban dan tekanan dari ban, tekanan ban yang digunakan sebesar 33 psi.

#### 4.2.2 Perhitungan Gaya Hambat saat Tanjakan

Menentukan nilai gaya hambat dilakukan melalui perhitungan menggunakan persamaan 2.3, melalui perhitungan tersebut didapatkan nilai yang ditunjukkan pada tabel 4.4. Tabel 4.4

Tabel 4.2 Gaya Hambat Total

top speed	( $R_a$ )	( $R_r$ )	$R_{total} = R_a + R_r + R_g$ 30 degree
(km/h)	(N)	(N)	(N)
10	5,186	126,941	6478,707
15	11,669	126,959	6485,207
20	20,744	126,987	6494,311
25	32,413	127,028	6506,021
30	46,675	127,084	6520,339
35	63,530	127,156	6537,265
40	82,978	127,245	6556,802
45	105,019	127,352	6578,950
50	129,653	127,479	6603,711
55	156,880	127,626	6631,086
60	186,700	127,795	6661,074
65	219,113	127,987	6693,679
70	254,119	128,201	6728,900
75	291,718	128,440	6766,738
80	331,911	128,705	6807,195



menjelaskan perhitungan jumlah gaya hambat total ( $F_t$ ), yaitu penjumlahan antara gaya hambat aerodinamis, gaya hambat rolling resistance, dan gaya hambat saat tanjakan. Gaya hambat terakhir adalah gaya hambat saat tanjakan, nilainya berbanding lurus dengan sinus dari sudut tanjakan. Besarnya merupakan hasil perkalian antara berat kendaraan dengan sinus sudut tanjakan yang dilalui kendaraan.

#### 4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan

Menentukan nilai gaya hambat dilakukan melalui perhitungan menggunakan persamaan 2.8, melalui perhitungan tersebut didapatkan nilai yang ditunjukkan pada tabel 4.5. Tabel 4.5 menjelaskan perhitungan kebutuhan daya/power sebagai penggerak kendaraan. Tabel 4.5 juga menjelaskan bahwa kebutuhan gaya dorong kendaraan merupakan hasil dari penjumlahan gaya hambat total yaitu antara gaya hambat aerodinamis, gaya hambat rolling resistance dan gaya hambat beban akibat tanjakan. Daya ( $P$ ) yang dibutuhkan merupakan perkalian gaya dorong dan kecepatan kendaraan. Gaya dorong yang digunakan adalah nilai gaya dorong terbesar untuk melawan gaya hambat total pada tanjakan 30 derajat. Hasil perhitungan kebutuhan daya motor untuk menggerakkan kendaraan digunakan sebagai dasar untuk menentukan spesifikasi motor listrik.

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik torsi terhadap rpm pada spesifikasi motor listrik, nilai torsi maksimum motor listrik sebesar 150 Nm terjadi pada putaran *base speed* sebesar 1500 rpm dan dapat mencapai putaran maksimum pada 5000 rpm. Secara ideal grafik torsi listrik akan bermula dari torsi yang tinggi di awal kecepatan atau pada base speed dan kemudian mengalami penurunan torsi secara halus sampai kecepatan tertinggi.

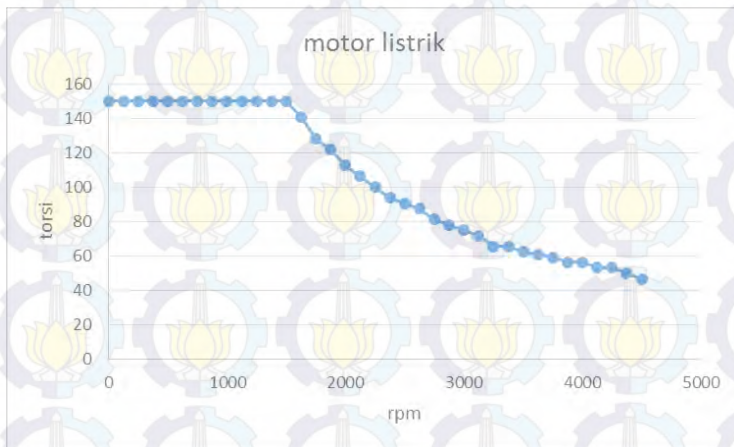


Tabel 4.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan

top speed	(Ra)	(Rr)	Ra+Rr+ Wsin30 (N)	Torque needed	Pm	
(km/h)	(N)	(N)		(Nm)	(W)	(kW)
10	5,186	126,941	6478,707	1764,4758	17996,408	17,996
15	11,669	126,959	6485,207	1766,2461	27021,695	27,022
20	20,744	126,987	6494,311	1768,7256	36079,505	36,080
25	32,413	127,028	6506,021	1771,9148	45180,702	45,181
30	46,675	127,084	6520,339	1775,8142	54336,156	54,336
35	63,530	127,156	6537,265	1780,4242	63556,746	63,557
40	82,978	127,245	6556,802	1785,7451	72853,357	72,853
45	105,019	127,352	6578,950	1791,7771	82236,88	82,237
50	129,653	127,479	6603,711	1798,5207	91718,211	91,718
55	156,880	127,626	6631,086	1805,9761	101308,25	101,308
60	186,700	127,795	6661,074	1814,1436	111017,91	111,018
65	219,113	127,987	6693,679	1823,0235	120858,09	120,858
70	254,119	128,201	6728,900	1832,6159	130839,72	130,840
75	291,718	128,440	6766,738	1842,9211	140973,71	140,974
80	331,911	128,705	6807,195	1853,9394	151270,99	151,271

Tabel 4.4 Spesifikasi Motor Listrik [5]

Motor Listrik	
Peak Power	35 kW
Continuous power	23.5 kW
Torsi	150 Nm
Putaran	1500 – 4500 rpm
Berat	40 kg



Gambar 4.1 Grafik Torsi Terhadap fungsi Putaran [5]

### 4.3 Perhitungan Rasio Transmisi

Perhitungan Rasio Transmisi pada kendaraan yaitu dengan menentukan nilai gigi awal dan gigi akhir yang disesuaikan dengan kebutuhan dari kendaraan. Gigi awal berdasarkan gaya dorong terbesar saat melawan gaya hambat total saat tanjakan, dan torsi terbesar dari motor listrik yaitu melalui perhitungan menggunakan persamaan 2.12. Gigi akhir berdasarkan kecepatan maksimum kendaraan yang telah ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.13. Jumlah tingkat gigi transmisi disesuaikan dengan kebutuhan dari kendaraan.

Gigi Awal :

$$i_1 = \frac{F_t \cdot r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{(W \cdot \sin \theta_{max} + f_r \cdot W) r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

Dimana,

$$T_m = 150 \text{ Nm}$$

$$F_t = W \cdot \sin \theta_{\max} + f_r \cdot W$$

$$= (1293,9 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \sin(30)) + (0,01 \times 1293,9 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$= 6466,853 \text{ N}$$

$$i_1 = \frac{F_t \cdot r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

$$= \frac{(W \cdot \sin \theta_{\max} + f_r \cdot W) r}{T_m \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{6466,853 \text{ N} \times 0,27235 \text{ m}}{150 \times 4,875 \times 0,821}$$

$$= 2,94 = 3$$

Gigi Akhir :

$$i_m = \frac{F_t \cdot r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{(f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f \cdot V_m) r}{T \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

Dimana,

$$T = 46,4675 \text{ Nm}$$

$$F_t = (f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f \cdot V_m)$$

$$= (0,01 \times 1293,9 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) + (\frac{1}{2} \rho \times 0,4 \times 2,79 \text{ m}^2 \times 5,56 \text{ m/s}^2)$$

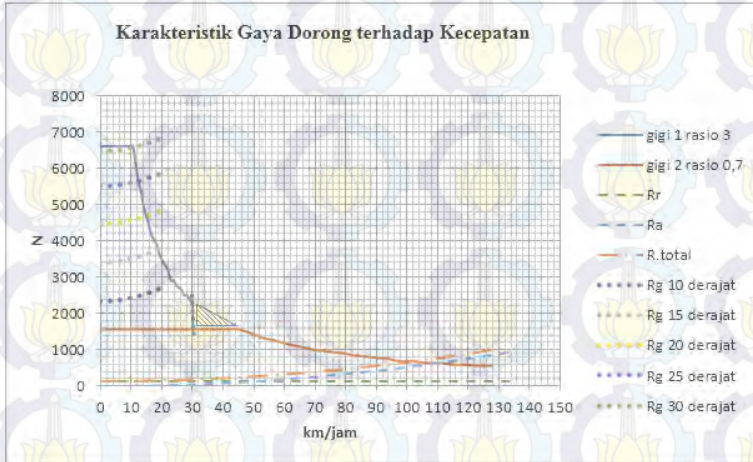
$$= 460,62 \text{ N}$$

$$i_m = \frac{F_t \cdot r}{M_e i_d \eta_t}$$

$$= \frac{(460,62 \text{ N}) 0,27235 \text{ m}}{46,4675 \times 4,875 \times 0,821}$$

$$= 0,67246435 = 0.7$$

#### 4.4 Perhitungan Gaya Dorong



Gambar 4.2 Grafik Gaya Dorrong Terhadap fungsi Kecepatan

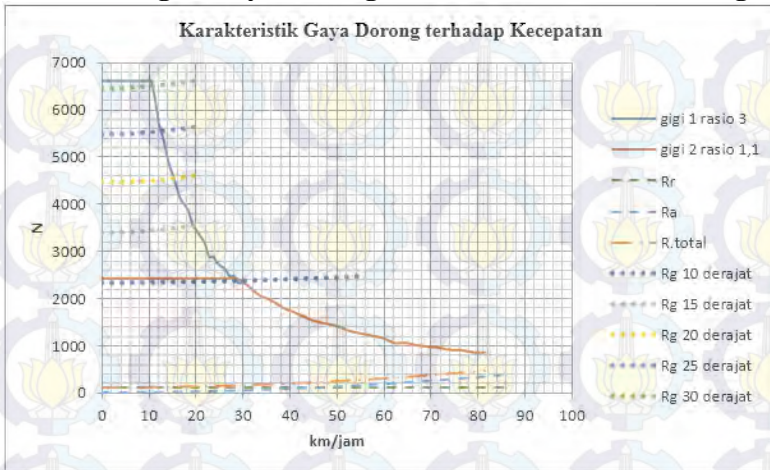
Menentukan nilai gaya dorong dilakukan melalui perhitungan menggunakan persamaan 2.8 dan kecepatan kendaraan menggunakan persamaan 2.1, melalui perhitungan tersebut didapatkan nilai yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Gambar 4.2 merupakan grafik gaya dorong kendaraan dan gaya hambat terhadap fungsi kecepatan. Pada grafik diatas, nilai gaya dorong gigi 1 mulai terlihat pada kecepatan 0 km/jam sampai dengan 31,60 km/jam. Nilai gaya dorong ini berada pada nilai maksimum dan konstan sampai kecepatan 11,41 km/jam lalu mengalami penurunan secara halus. Penurunan akan terus terjadi sampai kecepatan 31,60 km/jam. Untuk gigi 2 nilai gaya dorong mulai terlihat pada kecepatan 0 km/jam sampai dengan kecepatan maksimum yaitu 141 km/jam, kecepatan maksimum tesebut berdasarkan perpotongan gaya hambat total dengan gaya dorong gigi 2. Nilai gaya dorong ini berada pada nilai maksimum dan kosntan sampai kecepatan 47 km/jam lalu mengalami penurunan secara halus. Penurunan akan terus terjadi sampai kecepatan



maksimumnya 141 km/jam. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan. Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi RPM roda menjadi kecepatan. Setelah didapat kedua data baru maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan.

Berdasarkan gambar 4.2 Analisa Grafik Gaya Dorong sebagai fungsi dari Kecepatan bahwa gigi 1 dari kendaraan mampu melawan gaya hambat kendaraan. Gaya hambat pada grafik menunjukkan 2 variasi gaya hambat grafik yakni gaya hambat saat kondisi jalan lurus/cruise, gaya hambat saat kondisi jalan menanjak/grade dengan sudut 10 derajat, 15 derajat, 20 derajat, 25 derajat, sampai kondisi tanjakan maksimum yaitu 30 derajat. Gigi 1 bisa menembus Gaya hambat saat kondisi jalan menanjak dengan sudut 10 derajat, 15 derajat, 20 derajat, 25 derajat, dan yang terakhir adalah kondisi tanjakan maksimum yaitu 30 derajat. Untuk kondisi tanjakan 30 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 11 km/jam berdasarkan perpotong garis gaya dorong gigi 1 dengan gaya hambat tanjakan sudut 30 derajat terhadap fungsi kecepatan. Untuk kondisi tanjakan 25 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 13 km/jam, sudut tanjakan 20 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 16 km/jam, sudut tanjakan 15 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 20 km/jam, dan sudut tanjakan 10 derajat dapat menggunakan gigi 1 sampai kecepatan maksimum gigi 1 yaitu 32,92 km/jam. Kecepatan maksimum yang dapat ditempuh kendaraan adalah 106.027 km/jam dari 2 tingkat gigi saja, namun dari grafik tingkat gigi 1 dan 2 tidak kontinu, sehingga terjadi kehilangan momentum pada gaya dorong yang terputus ditunjukkan pada daerah yang diarsir. sehingga diperlukan diperlukan rancang ulang rasio transmisi agar mencapai kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 4.5 Perhitungan Gaya Dorong setelah Perubahan Rasio Gigi



Gambar 4.3 Grafik Gaya Dorong Terhadap fungsi Kecepatan

Pada gambar 4.3 Menunjukkan grafik gaya dorong terhadap fungsi kecepatan setelah perubahan rancangan nilai rasio gigi. Perubahan rasio gigi dilakukan dengan cara memperbesar nilai rasio gigi sehingga nilai gaya dorong yang dihasilkan kendaraan makin besar dan nilainya dapat sesuai dengan kebutuhan gaya dorong kendaraan. Setelah menggunakan rasio gigi yang baru yaitu gigi 1 sebesar 3 dan gigi 2 sebesar 1,1 pada grafik diatas, nilai gaya dorong mulai terlihat pada kecepatan 0 km/jam sampai dengan 31,59 km/jam. Nilai gaya dorong ini berada pada nilai maksimum dan kosntan sampai kecepatan 11,41 km/jam lalu mengalami penurunan secara halus. Penurunan akan terus terjadi sampai kecepatan 31,59 km/jam. Untuk gigi 2 nilai gaya dorong mulai terlihat pada kecepatan 0 km/jam sampai dengan 86 km/jam. Nilai gaya dorong ini berada pada nilai maksimum dan kosntan sampai kecepatan 28 km/jam lalu mengalami penurunan secara halus. Penurunan akan terus terjadi sampai kecepatan maksimumnya 86 km/jam. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan.

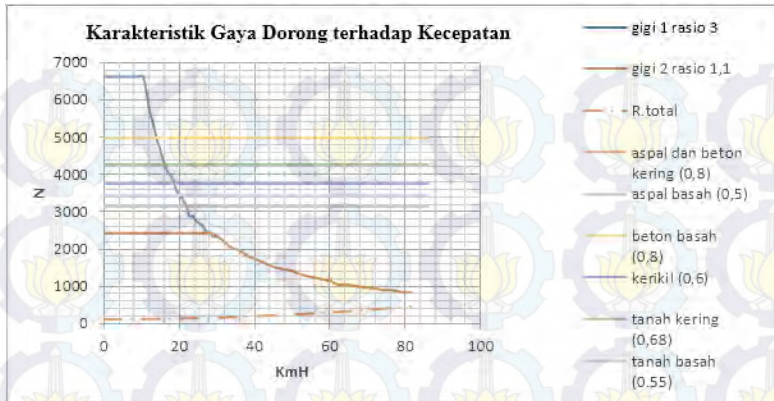
Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi RPM roda menjadi kecepatan. Setelah didapat kedua data baru maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan.

Berdasarkan Analisa Grafik Gaya Dorong sebagai fungsi dari Kecepatan bahwa gaya dorong yang dihasilkan bisa lebih besar. Gigi 1 bisa menembus Gaya hambat saat kondisi jalan menanjak dengan sudut 10 derajat, 15 derajat, 20 derajat, 25 derajat, dan yang terakhir adalah kondisi tanjakan maksimum yaitu 30 derajat. Untuk kondisi tanjakan 30 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 11 km/jam berdasarkan perpotong garis gaya dorong gigi 1 dengan gaya hambat tanjakan sudut 30 derajat terhadap fungsi kecepatan. Untuk kondisi tanjakan 25 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 13 km/jam, sudut tanjakan 20 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 16 km/jam, sudut tanjakan 15 derajat kendaraan dapat menempuh kecepatan sampai 20 km/jam, dan sudut tanjakan 10 derajat dapat menggunakan gigi 1 dan gigi 2 sampai kecepatan 30 km/jam. Pada gigi 2 setelah penentuan rasio baru rasio gigi 2 telah mencapai kecepatan kendaraan yang telah ditentukan, dan grafik gaya dorong tingkat gigi 1 dan 2 telah kontinu. sehingga sudah memenuhi parameter yang ditentukan. dari kendaraan mampu melawan gaya hambat kendaraan.

#### **4.6 Perhitungan Gaya Dorong dan Gaya Gesek**

Gambar 4.4 merupakan grafik gaya dorong kendaraan dan gaya gesek yang terjadi terhadap fungsi kecepatan. Spin pada roda terjadi jika Torsi yang dihasilkan oleh penggerak kendaraan yaitu motor listrik bernilai besar dan melebihi kebutuhan gaya dorong dari kendaraan. Spin didapat melalui perhitungan gaya gesek kendaraan pada tiap roda yaitu berdasarkan perkalian gaya normal kendaraan dan koefisien gesek kondisi jalan, dimana akan terjadi spin jika nilai gaya dorong lebih besar daripada gaya gesek.





Gambar 4.4 Gaya Dorong dan Gaya Gesek terhadap Kecepatan

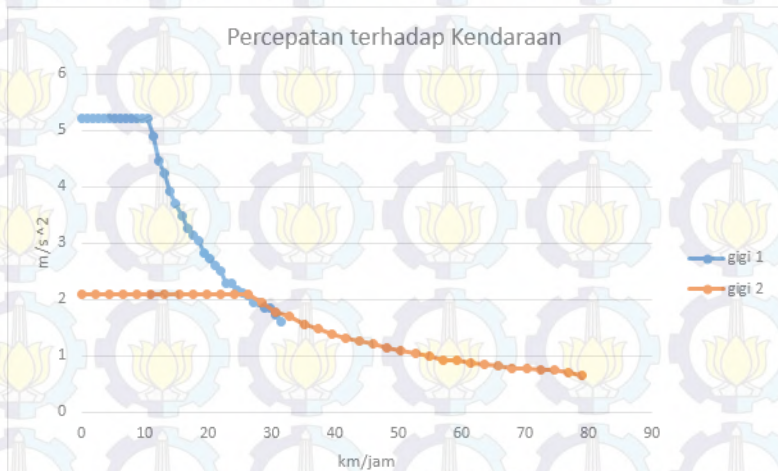
Berdasarkan Grafik Gaya Dorong sebagai fungsi dari Kecepatan bahwa gaya dorong yang dihasilkan memiliki nilai lebih besar daripada gaya gesek yang terjadi pada aspal kering, beton kering, aspal basah, beton basah, kerikil, tanah kering, dan tanah basah, sehingga terjadi spin saat kendaraan melewati kondisi jalan tersebut. Untuk Gaya dorong pada saat gigi 1 terdapat daerah spin atau nilai gaya gesek melewati daerah gaya dorong sehingga terjadi spin saat kendaraan melewati kondisi jalan tersebut. Spin pada kondisi jalan aspal basah terjadi sampai kecepatan 22 km/jam berdasarkan nilai perpotongan dari garis gigi 1 dengan garis gaya gesek pada grafik. Untuk aspal dan beton kering terjadi pada kecepatan 15,6 km/jam, untuk tanah kering pada 16 km/jam, untuk kerikil pada 18 km/jam, untuk tanah basah pada kecepatan 20 km/jam, dan aspal basah terjadi sampai kecepatan 21 km/jam.

#### 4.7 Percepatan Kendaraan

Dari gambar 4.5 merupakan grafik percepatan sebagai fungsi kecepatan pada kendaraan. Nilai percepatan kendaraan tersebut dipengaruhi oleh nilai gaya dorong kendaraan dan massa kendaraan. Pada pembahasan sebelumnya, nilai gaya dorong kendaraan merupakan konversi dari torsi roda yang dihasilkan dari



perhitungan Sedangkan nilai kecepatan kendaraan tersebut dipengaruhi oleh putaran mesin, radius roda, rasio transmisi, dan rasio final drive berdasarkan persamaan 2.1. Setelah diperoleh kedua data maka akan dihasilkan grafik percepatan kendaraan yang merupakan fungsi dari kecepatan kendaraan.



Gambar 4.5 Percepatan terhadap Kecepatan

Percepatan pada gigi 1 paling besar yaitu sebesar  $5,11 \text{ m/s}^2$  terjadi pada kecepatan  $0 \text{ km/jam}$  sampai  $10,53 \text{ km/jam}$ . Nilai percepatan tersebut mengalami penurunan sampai  $1,58 \text{ m/s}^2$  pada kecepatan  $30 \text{ km/jam}$ . Pada gigi 2 percepatan bernilai konstan yaitu sebesar  $1,87 \text{ m/s}^2$  terlihat sampai pada kecepatan  $26,63 \text{ km/jam}$ . Nilai percepatan tersebut mengalami penurunan sampai  $0,64 \text{ m/s}^2$  pada kecepatan  $80 \text{ km/jam}$ . Pada grafik percepatan kendaraan, nilai percepatan tertinggi berada pada kecepatan awal lalu menurun perlahan seiring dengan meningkatnya kecepatan.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan gaya hambat, yaitu gaya hambat rolling, gaya hambat udara (drag), dan gaya hambat ketika tanjakan digunakan untuk mengetahui kebutuhan gaya dorong dan daya/power kendaraan. Dari perhitungan gaya hambat didapat spesifikasi daya dengan power 35 kW dan torsi 150 Nm.
2. Spesifikasi rasio awal pada kendaraan ditentukan dengan perhitungan. Rasio gigi 1 menggunakan perhitungan gaya dorong saat kendaraan menanjak, dan rasio gigi 2 berdasarkan kecepatan maksimum kendaraan saat kondisi jalan lurus/cruise. Hasil perhitungan gaya dorong antara gigi 1 dan gigi 2 tidak menunjukkan garis yang kontinu, sehingga diperlukan rancang ulang rasio transmisi pada.
3. Spesifikasi rancangan ulang rasio yaitu gigi 1 sebesar 3, dan gigi 2 sebesar 1,1
4. Gaya dorong yang dihasilkan oleh kendaraan telah memiliki karakteristik yang telah sesuai dengan rancangan kendaraan yaitu dapat menanjak pada sudut maksimum 30 derajat dan memiliki kecepatan maksimum 80 km/jam.
5. Untuk Gaya dorong pada saat gigi 1 terdapat daerah spin atau nilai gaya dorong lebih besar daripada gaya gesek sehingga terjadi spin saat kendaraan melewati kondisi jalan tersebut yaitu pada aspal kering, beton kering, aspal basah, beton basah, kerikil, tanah kering, dan tanah basah.

6. Percepatan pada gigi 1 paling besar yaitu sebesar  $5,11 \text{ m/s}^2$  terjadi pada kecepatan 0 km/jam sampai 10,53 km/jam. Nilai percepatan tersebut mengalami penurunan sampai  $1,58 \text{ m/s}^2$  pada kecepatan 30 km/jam. Pada gigi 2 percepatan bernilai konstan yaitu sebesar  $1,87 \text{ m/s}^2$  terlihat sampai pada kecepatan 26,63 km/jam. Nilai percepatan tersebut mengalami penurunan sampai  $0,64 \text{ m/s}^2$  pada kecepatan 80 km/jam.

## 5.2 Saran

Adapun saran dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam proses mencari karakteristik penggerak sebaiknya melalui uji *dynotest* kendaraan untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Pembuatan transmisi hendaknya melakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui efisiensinya sehingga membuat sistem drive train yang lebih baik untuk menaikkan efisiensi.



## Daftar Pustaka

1. Ehsani, Mehrdad., Gao, Yimin., Gay, Sebastien E., and Emadi, Ali., “ Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory and Design “, CRC Press LLC, Florida, 2005.
2. Sutantra, I. Nyoman., Sampurno, Bambang., “Teknologi Otomotif Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh Nopember”, Guna Widya, Surabaya, 2010.
3. JY. Wong., “Theory of Ground Vehicle”, John Wiley & Sons, New York, 1978.
4. Xue, X. D., Cheng, K. W. E., Cheung ,N. C., “Selection of Electric Motor Drives for Electric Vehicles”, IEEE Power Electronics in Transportation, 2008.
5. Anonim. (2014) UQM DC-DC Converter. Accessed at <http://www.neweagle.net/support/wiki/index.php?title=UQM>
6. ASTRA DAIHATSU MOTOR. (2015). Accessed at <http://daihatsu.co.id /product/granmax-mb>



## Biografi Penulis



Penulis lahir di Surabaya, 25 Agustus 1993 yang merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis selama hidupnya telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Perak Barat 2 Surabaya, SMP Negeri 2 Surabaya, dan SMA Negeri 1 Surabaya. Setelah tamat pendidikan SMA tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan tingkat sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya dengan jurusan Teknik Mesin.

Di jurusan Teknik Mesin ITS, penulis aktif dalam kegiatan kepanitiaan dan kemahasiswaan seperti kepanitiaan tingkat nasional dan regional serta kegiatan seperti UKM olahraga. Penulis dapat dihubungi melalui email dengan alamat [indirariskasaraswati@gmail.com](mailto:indirariskasaraswati@gmail.com)